

A-CHAIRI	✓ Cours	SCIENCES INDUSTRIELLES POUR L'INGÉNIEUR	Classe :
Nom :	PROCEDES DE MOULAGE		Date :

1. Mise en situation :

La fonderie est l'un des procédés de formage des métaux qui consiste à **couler un métal ou un alliage liquide dans un moule** pour **reproduire**, après **refroidissement**, une **pièce** donnée (forme intérieure et extérieure) en limitant autant que possible les travaux ultérieurs de finition.

2. Procédés de moulage :

Les procédés de moulage sont classés en deux grandes catégories. On distingue principalement la fonderie effectuée avec :

- a- des **moules non permanents**, ou "moules perdus", généralement en **sable**
- b- des **moules permanents en métal**, qu'on appelle aussi "**coquilles**"

A- MOULES NON PERMANENTS

3. Moulage au sable :

3.1 Principe :

Un moule **non permanent** est un moule réalisé en "**sable**" qui ne sert **qu'une seule fois** pour réaliser une pièce. le **moule** est **détruit** pour extraire la pièce brute.

3.2 Types de sables :

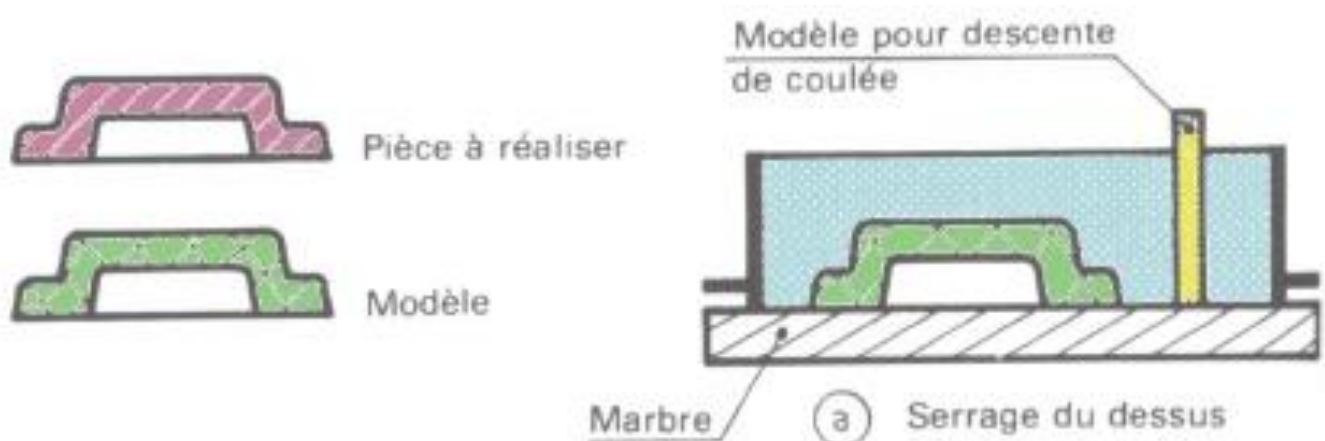
Plusieurs types de sables de moulage :

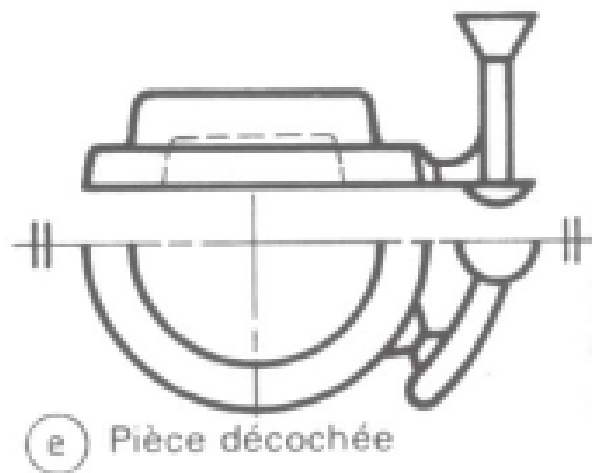
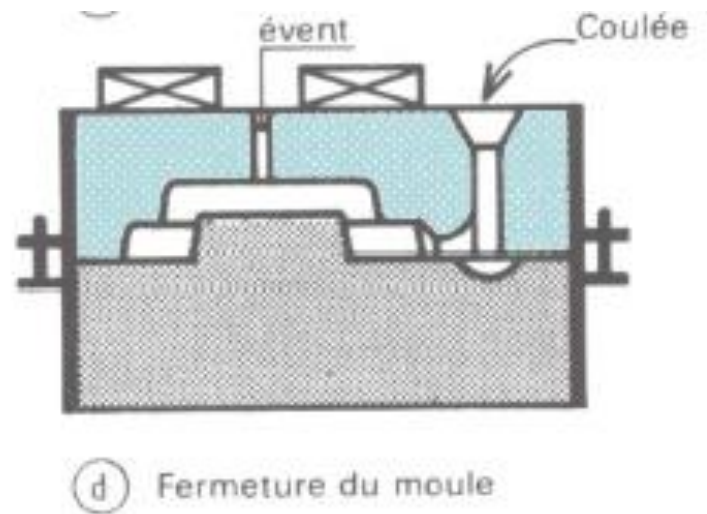
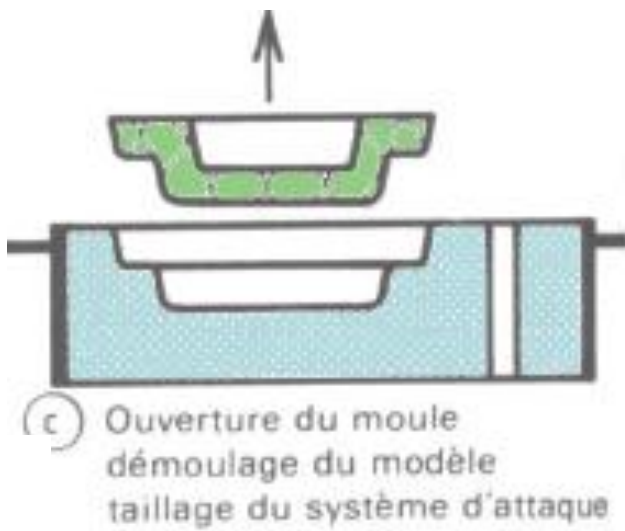
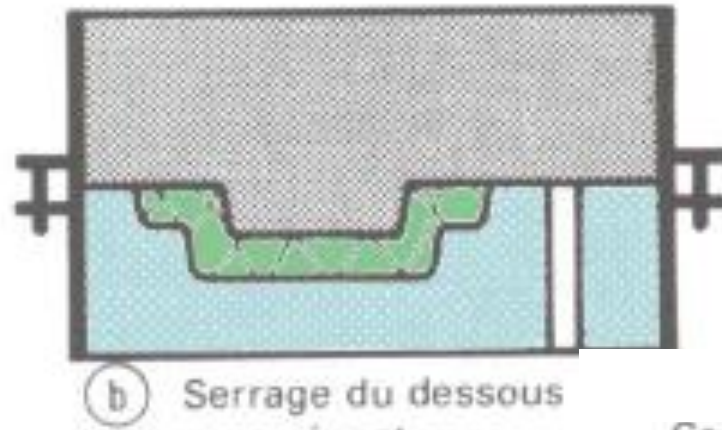
- ♣ sable silico-argileux (traditionnellement utilisé en fonderie)
- ♣ sable siliceux agglomérés
- ♣ ...

3.3 Application :

- ♣ Convient pour tous les métaux de fonderie, notamment ceux à point de fusion élevé (Fontes et aciers)
- ♣ Valable pour les pièces unitaires, petite et moyenne série
- ♣ Seul procédé utilisé pour les très grandes pièces

3.4 Exemple d'application : Moulage en sable :





B- LES MOULES PERMANENTS :

Les moules sont **métalliques** (en **fonte** ou en **aciers** spéciaux réfractaires), permettent de couler un grand nombre de pièces. On distingue les procédés suivants :

- ♣ Le moulage en coquille par gravité
- ♣ Le moulage sous pression
- ♣ Le moulage par centrifugation
- ♣ La coulée en continue ...

4. Le moulage en coquille par gravité :

4.1 Principe :

La pièce est obtenue à partir d'un **moule métallique** appelé **coquille**. L'introduction de l'alliage dans la coquille est assurée par la seule **action** de la **pesanteur**, ce qui lui fait donner le nom de **moulage en coquille par gravité** à ce procédé.

4.2 Outillages :

le moule comprend

- ♣ L'empreinte, les noyaux et les broches qui permettent d'évider la pièce
- ♣ Le système d'alimentation, coulée, masselottes, évents...
- ♣ Les organes de manutention, de fermeture, d'éjection...

4.3 Poteyage des empreintes de coquilles :

L'intérieur des moules métallique est revêtu d'enduits qui forme un dépôt protecteur.

Permet :

- ✓ Un meilleur contrôle de la chaleur
- ✓ De mieux diriger la solidification de la pièce
- ✓ ...

4.4 Mode opératoire :

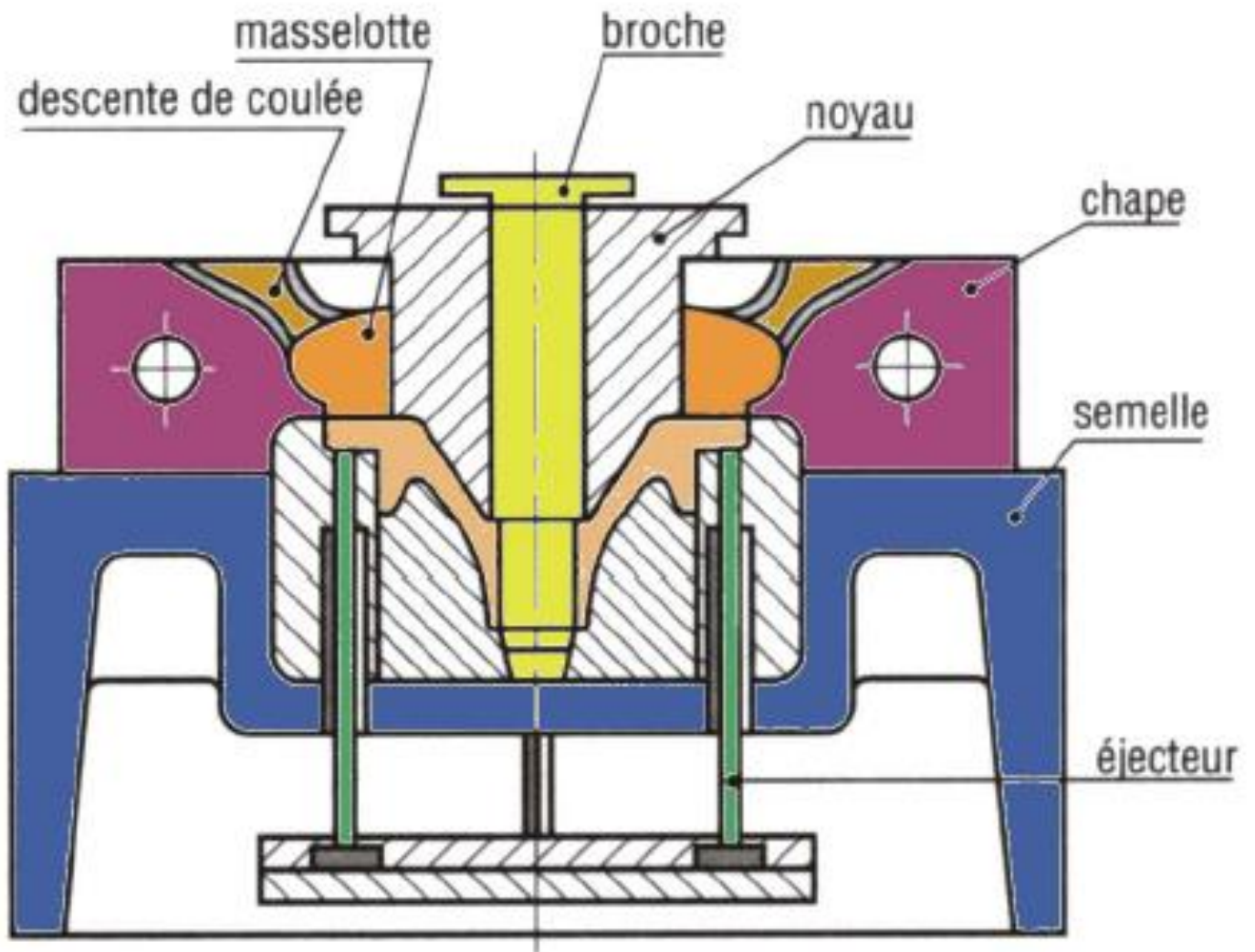
Chaque élément doit permettre l'enchaînement logique des opérations qui constituent un cycle de fabrication :

1. *Mise en place des noyaux destructibles*
2. *Fermeture du moule*
3. *Avancés des broches et des tiroirs*
4. *Remplissage*
5. *Refroidissement*
6. *Extraction des broches et des tiroirs*
7. *Ouverture du moule*
8. *Éjection de la pièce*
9. ...

4.5 Application :

- ♣ Convient pour la fonte et tous les alliages légers : Alliage d'aluminium, de magnésium et pour le laiton...
- ♣ Valable pour les pièces produites en moyennes ou grandes séries et en petites séries répétitives.
- ♣ Bon état de surface
- ♣ Meilleure précision dimensionnelles et géométriques

4.6 Exemple d'application : Moulage en coquille :



5. Le moulage sous pression :

5.1 Principe :

le métal liquide est **injecté sous forte pression** (Al Si9Cu3Fe) peut aller jusqu'à 1200 bar et à grande vitesse d'injection dans un moule (jusqu'à 50 m/s) fixé sur les plateaux de la machine.

5.2 Machines :

Elles sont de deux types :

a- Machine à chambre froide :

l'alliage liquide est **maintenu liquide dans un four indépendant de la machine**. A chaque injection, l'alliage est versé dans le conteneur au moyen d'une louche ou d'un dispositif mécanisé.

Une **presse d'injection sous pression à chambre froide** :

- ✓ Sa force de fermeture varie 500 à **40000 KN** soit **50 à 4000 tonnes**.
- ✓ Ces machines permettent de couler :
 - les alliages légers,
 - les alliages cuivreux à base de magnésium

b- Machine à chambre chaude :

Dans ce type de machine la chambre de pression est **immergée dans l'alliage liquide du creuset** (d'où le nom de chambre chaude).

Une **presse d'injection sous pression à chambre chaude** :

- ✓ Sa force de fermeture varie 50 à **3000 KN** soit **5 à 30 tonnes**.
- ✓ Ces machines sont réservées aux alliages à point de fusion bas :
 - les alliages d'aluminium,
 - les alliages de plomb,
 - les alliages de zinc
 - ...

5.3 Outillages :

Le moule comprend :

- ♣ L'empreinte souvent rapportée, ce qui facilite le remplacement et la remise à l'état
- ♣ les noyaux sont métalliques et les broches permettent d'obtenir des formes intérieures
- ♣ Le système d'alimentation, coulée, masselottes, évents...
- ♣ Un système de circulation d'eau placé dans le moule permet de réguler la température.
- ♣ ...

5.4 Poteyage des empreintes de coquilles :

Consiste à pulvériser à chaque cycle sur le moule un mélange d'eau (98%) et de produit démoulant (2%). Cette opération sert à **refroidir** le moule, à le **protéger** et enfin à **démouler** correctement la pièce.

5.5 Mode opératoire :

1. *Fermeture du moule*
2. *Injection du liquide (Remplissage)*
3. *Refroidissement*
4. *Ouverture du moule*
5. *Éjection de la pièce*

5.6 Application :

- ♣ Convient pour les alliages légers :
 - les alliages d'aluminium,
 - les alliages de magnésium
 - et pour le laiton...
- ♣ Valable pour les pièces produites grandes séries à cause du prix de revient élevé des outillages.
- ♣ Excellents états de surface ($R_a = 2 \mu m$)
- ♣ Meilleure précision dimensionnelles et géométriques

5.7 Durée de vie des moules :

Les moules en fonderie sous pression peuvent être très complexes, coûter entre 30 000 € et 500 000 €, et représenter entre 10 et 15% du prix final des pièces réalisées (hors usinage).

Les empreintes ont une durée de vie de :

- ♣ 150 000 injections (pour les alliages d'aluminium)
- ♣ 500 000 à 1 million d'injections pour les alliages de zinc (*zamak*)
- ♣ 20 000 à 40 000 injections pour les alliages de cuivre (laiton 60/40)
- ♣ Les empreintes « meurent » par fissurations progressives résultant des chocs thermiques (chauffage brutal lors de l'injection de l'alliage et refroidissement causé par le potage).

5.8 Exemple d'application : Moulage sous pression :

Moulage sous pression :

